

3.º CONGRESO SOBRE PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS

Evaluación preventiva de la seguridad de los edificios de la manzana Escodines de Manresa (Barcelona)

Cèsar Díaz*
Cesar.diaz@upc.edu
Còssima Cornadó†
Cossima.cornado@upc.edu

Antoni Grierà†
Antoni.griera@coac.net
Pere Santamaría§
Pere.s@coac.net

Resumen

La construcción de un gran edificio de nueva planta con tres plantas de sótano en la proximidad de un grupo de edificios antiguos entre medianeras ubicados en una manzana del casco antiguo de Manresa, aconsejó llevar a cabo un exhaustivo estudio previo sobre el estado de dichos edificios antes de emprender las obras. Las actuaciones incluyeron un levantamiento gráfico pormenorizado de las técnicas constructivas y de las lesiones que presentaban cada uno de ellos, el seguimiento de las lesiones mediante testigos y comparadores, la ejecución de pruebas presiométricas en los muros de piedra, tierra y ladrillo de los viejos edificios, la extracción de probetas testimonio y de ensayos de perforación en los forjados de madera, y la medición de la incidencia de los niveles vibratorios de la maquinaria prevista para la excavación del sótano vecino. En la presente comunicación se resume el proceso de análisis seguido y se comentan los resultados obtenidos en dichas pruebas.

Palabras clave: Ensayos no destructivos, Patología de la construcción.

1 Objeto del estudio

Los nueve edificios de entre dos y cinco plantas que constituyen el objeto del estudio datan de finales del siglo XVIII y principios del XIX, construyéndose mayoritariamente sobre los restos de construcciones anteriores. Están ubicados en la manzana limitada por las calles Escodines, Montserrat y Sant Antoni del casco histórico de Manresa. En dicha manzana se optó por derribar la mitad de los edificios con fachada a la calle Montserrat para construir un

* Prof. Catedrático de la Universidad Politécnica de Catalunya.

† Prof de la Fundación Universidad Politécnica de Catalunya.

‡ Prof. de la Universidad Politécnica de Catalunya.

§ Prof. de la Universidad Politécnica de Catalunya.

edificio de viviendas de varias plantas de altura y tres sótanos destinados a aparcamiento de vehículos. Con el derribo, las fachadas posteriores de los viejos edificios quedaron al descubierto, rompiéndose los puntos de contacto con los edificios derribados. La finalidad del estudio consistió en evaluar el estado de los edificios conservados y definir las medidas preventivas a adoptar en el proceso de construcción del nuevo edificio contiguo.

2 Descripción técnico-constructiva de los edificios. Toma de datos.

Se trata de edificaciones construidas con técnicas tradicionales. El estudio se inició con un levantamiento geométrico exhaustivo que se completó con la realización de numerosas calas en los diversos elementos constructivos para determinar de una forma precisa los materiales constituyentes y las secciones constructivas de los diversos elementos.

Se constató la existencia de diferentes fases constructivas tanto por lo que se refiere a crecimientos en altura como la modificación en ubicación de los accesos de los edificios. Durante el levantamiento también se pudo comprobar que se trataba de construcciones muy heterogéneas por lo que se refiere a los materiales utilizados. Esto se puede explicar debido en buena parte a su construcción en etapas y, también, a las formas habitualmente utilizadas en el lugar. Predominan, aunque no son reglas generales, los muros de piedra en planta baja y muros de tapial y adobe en plantas superiores, frecuentemente actuando como un muro de plementería situándose entre pilares de piedra que arrancan de planta baja. Se observa, como característica más determinante, una importante carencia de trabazón entre los distintos elementos que los componen. Cabe hacer mención que muchos edificios habían sido objeto de refuerzos anteriores.

La siguiente fase consistió en la localización y representación de los daños aparentes que presentaban los edificios. A tal efecto se hizo un levantamiento completo tanto de las grietas y fisuras como de otros daños tales como deformaciones síntomas de ataques bióticos, etc. En el estudio se propuso la colocación de testigos y comparadores en las grietas más críticas o indicativas y su seguimiento durante la construcción de la obra vecina.

3 Pruebas y ensayos

El plan de pruebas y ensayos que se diseñó y realizó con anterioridad al inicio de las obras del nuevo edificio, incluyó las siguientes actuaciones.

- Control experimental de las vibraciones durante la realización de trabajos de construcción con maquinaria.

- Estudio de los parámetros mecánicos de un muestreo de los techos de madera.
- Estudio de los parámetros mecánicos de un muestreo de los muros.

Se pretendía con ello disponer de datos para evaluar analíticamente la seguridad de los elementos estructurales primarios de los edificios y conocer los efectos mecánicos de las vibraciones inducidas en los edificios por la maquinaria utilizada durante la excavación y la construcción del muro pantalla vecino.

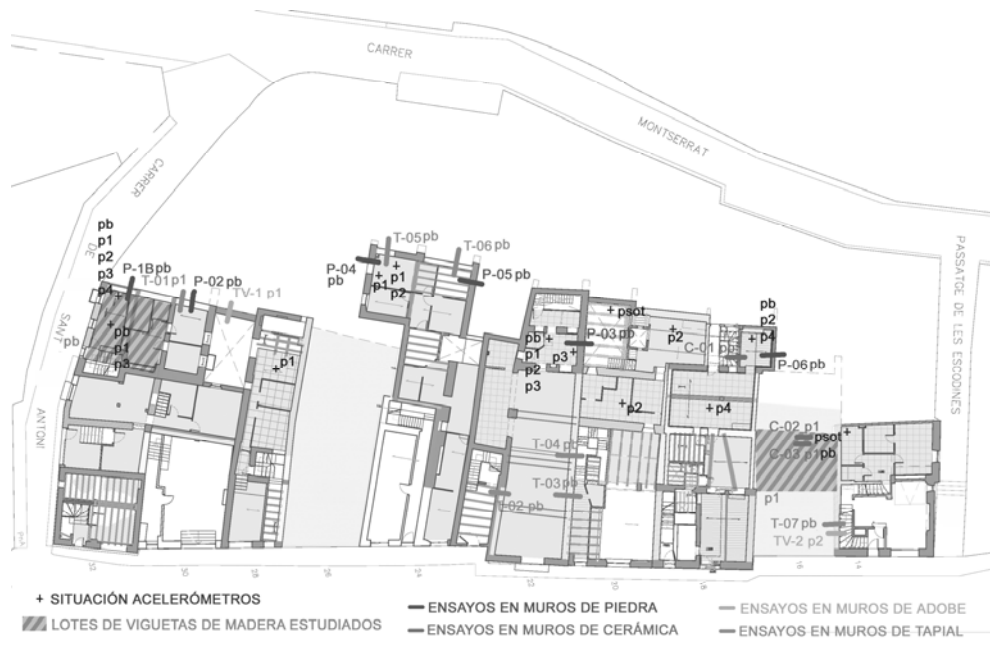


Figura 1: Situación de los ensayos realizados

3.1 Control de vibraciones

Por lo que se refiere a las vibraciones, los ensayos se eligieron con el objeto de valorar el nivel de vibración producido en puntos significativos de las edificaciones durante la maniobra de perforación. Se realizaron medidas en la cimentación, forjados y paredes de edificios colindantes a la zona de perforación. Para ello se dispuso de un equipo de medida extensométrica con acelerómetros piezoresistivos fijados a diversos puntos seleccionados de los elementos estudiados. Como resultados cabe mencionar que las frecuencias propias de los forjados obtenidas mediante excitación artificial se encuentran entre 12,6 y 50,1 Hz, estando la mayoría entorno a los 20 Hz. Los resultados en los diferentes elementos constructivos correspondientes a medidas dinámicas con maquinaria en funcionamiento son los siguientes:

- Medidas en forjados: entre 0,04g y 0,27g
- Medidas en muros: entre 0,02g y 0,25g
- Medidas directamente sobre suelo: 0,75g

Los resultados obtenidos permitieron descubrir niveles de vibración excesivos en los muros de dos de los edificios, lo cual indujo a proponer el cambio del sistema de excavación previsto y a retrasar la ubicación del muro pantalla en parte de su trazado. Por otra parte, se recomendó el control de los niveles de vibración mediante sismógrafos durante la fase de construcción del nuevo edificio.

3.2 Estudio de los techos de madera

Para el estudio de los parámetros mecánicos de los techos de viguetas de madera se tomaron muestras representativas en función de su accesibilidad y a las condiciones de humedad ambiente. Sobre dichas muestras se realizaron ensayos de extracción de microprobetas cilíndricas perpendiculares a las fibras y ensayos de penetración con broca informatizada. Los resultados de dichos ensayos permitieron obtener resultados de las características resistentes de las vigas y viguetas de madera por correlación matemática de los dos resultados. Se estudiaron 3 lotes de viguetas de madera con los siguientes resultados promedio:

Tabla 1: Resultados ensayos viguetas madera

LOTE	σ_u (N/mm ²)
1	2,987
2	5,819
3	5,823

A partir de los ensayos se puede fundamentar la recomendación de sustitución funcional de algunos tramos de forjado debido a los bajos parámetros mecánicos de la madera.

3.3 Estudio de los parámetros mecánicos de los muros

Las pruebas presiométricas en los muros de piedra, tierra y ladrillo se realizaron con el fin de disponer de referencias parametrizadas de sus condiciones de resistencia a la compresión.

El método de ensayo aplicado, denominado (PiD) se lleva a cabo de la siguiente manera: se ejecuta una cavidad atravesando el muro con una máquina perforadora rotacional, se introduce la sonda de material elastómero y diámetro externo coincidente con el de la cavidad midiéndose la superficie de contacto sonda-cavidad y, finalmente, se provee presión homogénea por el interior

de la sonda tomando medida por escalones de carda de los pares de valores presión-deformación. De esta manera se puede obtener la gráfica buscada de tensión-deformación del material.

Tabla 2: Resultados ensayos muros de tapial

CLAVE	σ_u (N/mm ²)	E (N/mm ²)
T-01	0,810	7,46
T-03	0,538	7,34
T-04	0,385	4,12
T-05	0,602	7,15
T-06	0,312	2,01
T-07	0,480	9,24

Tabla 4: Resultados ensayos muros de mampostería

CLAVE	σ_u (N/mm ²)	E (N/mm ²)
P-1B	2,696	32,48
P-02	1,547	24,14
P-03	0,720	9,49
P-04	0,798	16,22
P-05	0,894	20,72
P-06	0,978	18,62

Tabla 3: Resultados ensayos muros de adobe

CLAVE	σ_u (N/mm ²)	E (N/mm ²)
TV-01	0,658	6,29
TV-02	0,596	7,60

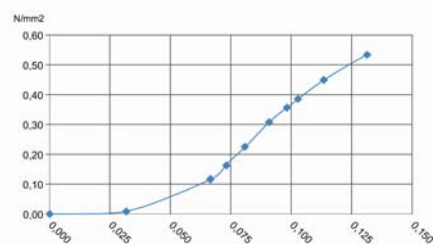


Figura 2: Gráfico tensión-deformación T-03

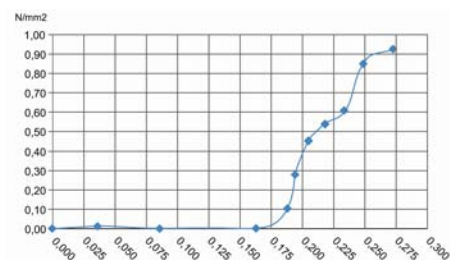


Figura 4: Gráfico tensión-deformación P-05

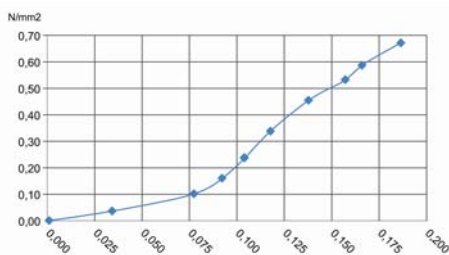


Figura 3: Gráfico tensión-deformación TV-1

A partir de los resultados que se muestran anteriormente se puede indicar que las tensiones de rotura o de inicio de fase plástica halladas cabe interpretar-

tarlas como las propias de los elementos constructivos ensayados, con las dispersiones habituales típicas de las construcciones históricas. Al comparar los gráficos tensión-deformación de los diversos tipos de muro se puede constatar la mayor fragilidad de los muros de piedra en relación a los de tapial y adobe así como una posible contribución de las juntas de mortero en la resistencia final de los muros de adobe, superiores a la de los muros de tapial.

4 Consideraciones finales

Es aconsejable relativizar la fiabilidad de una evaluación de los edificios fundamentada exclusivamente en una modelización analítica fundamentada en los resultados de ensayos realizados. Por otra parte, se debe mencionar la existencia de dificultades para conseguir un muestro homogéneo y completo considerando las diversas variables presentes en este tipo de edificios y la gran heterogeneidad de los elementos estructurales existentes.

En consecuencia, se hace recomendable considerar, además de los resultados de los ensayos, los daños que presenta, los datos históricos, la resolución constructiva global del edificio o la existencia de un cierto código constructivo racional y, más concretamente, sus condiciones de rigidez y arriostramiento.

5 Bibliografía

- [1] Lombillo, I.; Villegas, L. Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación estructural del patrimonio. *1ª Jornada Nacional sobre Metodologías no Destructivas Aplicadas a la Rehabilitación del Patrimonio Construido (REHABEND)*, 14 noviembre de 2006: pp. 27-52.
- [2] Lozano, A.; Martín, A. Evaluación de las características mecánicas y del deterioro biológico de la madera in situ: técnicas de inspección no destructivas. *1ª Jornada Nacional sobre Metodologías no Destructivas Aplicadas a la Rehabilitación del Patrimonio Construido (REHABEND)*, 14 noviembre de 2006: pp. 177-186.
- [3] Clarke, B. G. *Pressuremeters in Geotechnical Design*. Cambridge: Routledge, 1994.
- [4] *On-site control and evaluation of masonry structures*. L. Binda and R.C. Vekey ed. Bagneux: RILE PUBLICATIONS, 2003.